جغرافیا و جغرافیا و مخاطرات محیطی، شماره بیست و یکم، بهار ۱۳۹۶

صص ۸۷-۶۷

DOI: 10.22067/geo.v6i1.47944

مکان‌یابی محل دفن پسماند با استفاده از منطق فازی در GIS و مدل تحلیل فرایند شبکه‌ای فازی (FANP) (مطالعه موردی: شهرستان علی‌آباد)

وحید نیک زاد [۱]- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد برنامه‌ریزی محیط‌زیست، دانشگاه تهران، تهران، ایران

محمدجواد امیری – استادیار مدیریت و برنامه‌ریزی محیط‌زیست، دانشگاه تهران، تهران، ایران

یاسرمعرب - دانش‌آموخته کارشناسی ارشد برنامه‌ریزی محیط‌زیست، دانشگاه تهران، تهران، ایران

نگار فروغی- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد مدیریت محیط‌زیست، دانشگاه تهران، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۱۲/۷ تاریخ تصویب: ۱۳۹۵/۱۱/۲

چکیده

مکان‌یابی مناسب محل دفن پسماندهای شهری از به وجود آمدن معضلات زیست‌محیطی در اطراف شهرها جلوگیری می‌کند. انتخاب مکان مناسب برای دفن پسماند نیازمند در نظر گرفتن عوامل متعددی است که با توجه به گستردگی و پیچیدگی عوامل مؤثر در مکان‌یابی، ضرورت استفاده از فناوری‌های اطلاعات مکانی و تلفیق آن با سایر امور مدیریتی و برنامه‌ریزی مطرح می‌شود. به این منظور، به‌کارگیری سیستمی یکپارچه متشکل از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) و روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره (MCDM) ابزار مناسبی برای مکان‌یابی دفن پسماند هستند. در این تحقیق برای تعیین مکان‌های مناسب دفن پسماند شهرستان علی‌آباد از معیارهای فاصله از جاده، شیب، ارتفاع از سطح دریا، کاربری، میزان بارش، فاصله از گسل، فاصله از آب‌های سطحی، فاصله از مناطق حفاظت‌شده، زمین‌شناسی، فاصله از شهر و فاصله از روستا استفاده شد. نقشه‌های مربوط به هر یک از لایه‌ها در محیط Idrisi استانداردسازی و به‌صورت فازی تهیه گردید، در ادامه برای وزن دهی و تلفیق لایه‌ها از تحلیل فرایند شبکه‌ای فازی (FANP) و GIS استفاده شد و نقشه‌های نهایی به پنج روش gamma، And، Or، Sum و Productتهیه شد. سپس نقشه‌های مناسب مکان‌یابی دفن پسماند انتخاب شدند و هرکدام از آن‌ها به چهار طبقه مناسب، متوسط، ضعیف و خیلی ضعیف طبقه‌بندی گردید و طبقه مناسب روش‌های انتخابی لکه بندی شدند. روش‌هایی که میزان مساحت لکه‌های آن‌ها از میزان مساحت لازم برای دفن پسماند برای جمعیت تخمینی ۲۰ سال آینده شهرستان علی‌آباد کمتر بود، حذف شد. درنهایت روش‌های And و gamma با عدد ۰/۹ مکان مناسب دفن پسماند برای یک دور زمانی ۲۰ ساله را مشخص کردند.

کلیدواژه‌ها: مکان‌یابی، GIS، FANP، علی‌آباد، محل دفن پسماند.

۱ نویسنده مسئول: ۰۹۱۰۰۰۷۷۶۰۰ Email: Vahid.nikzad@gmail.com

۱. مقدمه

در کشورهای درحال‌توسعه، جمعیت انسانی رو به افزایش، پدیده شهرنشینی را نسبت بـه دهـه‌هـای گذشـته شتاب داده است. این افزایش جمعیت منجر به تولید زباله، شامل پسماندهای خانگی، صنعتی و مواد زائد دیگـر در ابعاد گسترده شده است. لـذا افـزایش تولیـد زبالـه بـه یـک مشـکل پایـدار تبـدیل‌شـده، تخریـب و آلـودگی محیط‌زیست، که یکی از عوامل اصلی چالش‌های زیست‌محیطی مـی‌باشـد، بـه وجـود آورده اسـت (ساماسـی و همکاران[1]، ۲۰۰۸: ۲۱٤۷). بنابراین این افزایش جمعیت و شهرنشینی، بهبود خدمات مدیریت پسماند را مـی‌طلبـد که در صورت عدم مدیریت مناسب آن منجر به آلودگی آب، خاک و هوا می‌شود که خطرات بهداشتی عمومی را به همراه دارد (مقدس و همکاران[2]، ۲۰۰۹ و بانی و همکاران[3]، ۲۰۱۳: ۳). در سال‌های اخیر نیـز مفهـوم مـدیریت یکپارچه پسماند و استراتژی‌های کاهش ضایعات رو به رشد بوده است. یکی از مؤلفه‌های تشکیل‌دهنده مدیریت پسماند، جمع‌آوری پسماند است. جمع‌آوری و حمل پسماند بنا بر ضرورت و امکانات به شیوه‌های متفاوتی انجام می‌گیرد که شیوه استفاده از ایستگاه انتقال پسماند از رایج‌ترین روش‌ها در کشور ما است (عشور نـژاد و دیگـران، ۱۳۹۲؛ معاونت آموزشی جهاد دانشگاهی، ۱۳۸۷). شناسایی بهترین مکان دفن پسماند نیاز به یک فرآینـد ارزیـابی گسترده دارد. این مکان باید با الزامات قانونی و مقـررات دولتـی مطابقـت داشـته باشـد و همچنـین هزینـه‌هـای اقتصادی، زیست‌محیطی، بهداشتی و اجتماعی را به حداقل برساند. حـداکثر اطلاعـات موجـود درروش انتخـاب سایت باید شناسایی شود و اطمینان حاصل شود که نتیجه این فرآیند توسط اکثر ذینفعان قابل‌قبول است، لذا مکان دفن پسماند نیاز به پردازش انواع داده‌های مکانی دارد و باید معیارها و عوامل بسیاری بـا دقـت سـازمان‌دهـی و تحلیل شوند. مکان‌یابی پسماند شهری به دلیل تأثیر بسزایی که در اقتصاد، اکولوژی و بهداشت محیط منطقـه دارد یک مسئله حیاتی در فرآیند برنامه‌ریزی شهری بوده و ارزیابی آن بسیار پیچیـده اسـت، کـه نیـاز بـه متخصصـان مختلف در زمینه‌های اجتماعی و زیست‌محیطـی ازجملـه علـوم خـاک، مهندسـی، هیـدروژئولوژی، توپـوگرافی، جامعه‌شناسی و اقتصاد دارد (ساماسی و همکاران، ۲۰۰۸: ۲۱٤۷و چانگ و همکاران[4]، ۲۰۰۸). بنابراین باید بهترین مکان‌های دفن پسماند با روش‌های ترکیبی و جدید شناسایی شوند تا کمترین آسیب و تخریب را در محیط‌زیست شهرها شاهد بود (خارباندا[5]، ۱۹۹۰). به‌طورکلی مکان‌یابی محل دفن پسماند یک فرآیند دشوار و طولانی است که به دو مرحله‌ی اساسی تقسیم می‌شود: مرحله اول شناسایی سایت‌های بالقوه از طریق غربالگری مقدماتی و مرحله دوم ارزیابی توان آن‌ها بر اساس ارزیابی اثرات زیسـت‌محیطـی، امکـان‌سـنجی اقتصـادی و طراحـی مهندسـی و

1 Sumathi et al
2 Moghaddas et al
3 Gbanie et al
4 Chang et al
5 Kharbanda et al

محاسبه‌ی هزینه‌ها می‌باشد (آلاناچ[1]، ۱۹۹۲). در حال حاضر از تکنیک‌های مختلفی در فرآیند مکان‌یابی دفن پسماند استفاده می‌شود (شریفی و همکاران[2]، ۲۰۰۹). درواقع امروزه فرآیند مکان‌یابی دفن پسماند به تجزیه‌وتحلیل‌های پیچیده فضایی بستگی دارد که با توسعه سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS) همراه است. پیشرفت‌های اخیر باعث بهبود چشمگیر در توانایی‌های GIS در تجزیه تحلیل مکانی شده است. GIS، ابزار قدرتمندی برای تحلیل‌های فضایی هستند که قابلیت ضبط، ذخیره، پرس‌وجو، آنالیز، نمایش و خروجی اطلاعات جغرافیایی را دارند. به‌این‌ترتیب آن‌ها تأثیر شگرفی در فرآیند تصمیم‌گیری فضایی دارند(رونالد ایستمن و همکاران[3]، ۱۹۹۸ و ریکالویچ و همکاران[4]، ۲۰۱٤: ۱۰۵۵). همچنین روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره (MCDA) نیز توانایی ترکیب نظر کارشناسان با اطلاعات واقعی را دارند. این روش‌ها معیارهای مختلف را ارزیابی کرده و همه نتایج ممکن و اهداف متناقض ناشی از تجزیه‌وتحلیل را شامل می‌شوند (ال حنبلی و همکاران[5]، ۲۰۱۱). روش فرآیند تحلیل شبکه‌ای (ANP) نیز یکی از این روش‌ها است. این روش یک روش پیچیده برای ارتباط میان عناصر تصمیم، از طریق جایگزینی ساختار سلسله مراتبی با ساختار شبکه‌ای است (زبردست، ۱۳۸۹، ۸۰). بنابراین این روش یک روش ایده آل به‌منظور مدلسازی و ایجاد تعاملات و وابستگی‌ها میان شاخص‌ها است. همچنین با توجه به ابهام و عدم قطعیت موجود در قضاوت‌های تصمیم گیران برای مقایسه عناصر می‌توان از منطق فازی استفاده کرد که محدوده‌ای از ارزش‌ها را برای بیان عدم قطعیت‌ها در نظر می‌گیرد (کریمی ،۱۳۹۳). در زمینه مکان‌یابی دفن پسماند با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و سیستم‌های تصمیم-گیری چند معیاره تاکنون تحقیقات متعددی صورت گرفته، از این میان در سطح جهان می‌توان به، جان بنت در سال ۲۰۰٤ اشاره کرد که گزارشی حاکی از پیشرفت سیستم اطلاعات جغرافیایی و کاربرد آن در شهر رم، برای مدیریت و دفن مواد زائد جامد ارائه داد. این گزارش نشان می‌دهد ابتدای شروع این روند از دهه ۱۹۹۰ میلادی بوده و پیشرفت کندی داشته است، اما پس از چند سال و به‌خصوص در سال ۲۰۰۳ و با کمک نقشه‌های پشتیبانی اینترنتی، اطلاعات موجود برای سیستم اطلاعات جغرافیایی به موضوع مهمی برای کارکنان واحد خدماتی شهرداری و عموم شهروندان رمی تبدیل شد (بنت[6]، ۲۰۰۵: ۸٤). همچنین در زمینه مکان‌یابی بهینه دفن مواد زائد جامد شهری، موسوی و همکاران در ۱۳۹۲ با استفاده از مدل تحلیل سلسله مراتبی AHP به مکان‌یابی دفن پسماند در شهرستان زنجان پرداختند که چند معیار و زیر معیار را ارزیابی کرده و سپس مناسب‌ترین مکان را در بین گزینه‌های پیشنهادی انتخاب کردند (موسوی و دیگران، ۱۳۹۲: ٦٦). زامورانو و همکارانش نیز در اسپانیا با

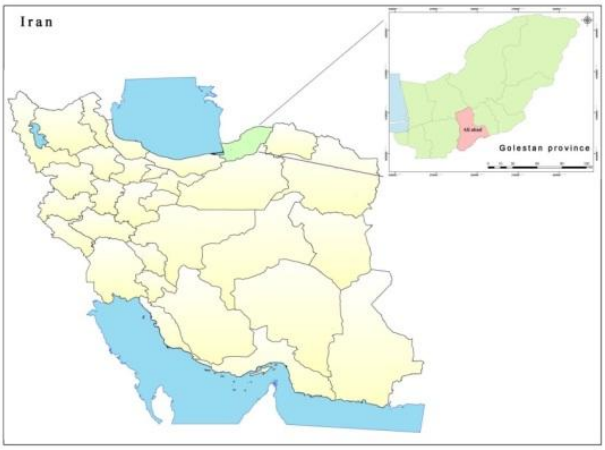
1 Allanach
2 Sharifi et al
3 Ronald Eastman et al
4 Rikalovic et al
5 Al-hanbali et al
6 Bennet

استفاده از GIS، نقاط بهینه جمع‌آوری پسماند و مسیرهای بهینه خودروهای انتقال پسماند را به‌منظور کاهش مصرف سوخت ارائه دادند (زامورانو و همکاران[1]، ۲۰۰۹). همچنین شکرریز فرد و همکاران در شیراز به محاسبه همزمان بهترین مسیر حمل پسماند شهری و مکان‌یابی بهینه‌ی ایستگاه‌های انتقال پسماند پرداختند. برای این منظور برنامه غیرخطی باینری تهیه کردند که تابع هدف مدل مربوطه نیز حداقل کردن مجموع هزینه‌های حمل پسماند به محل ایستگاه‌های انتقال است (شکرریز فرد و همکاران، ۱۳۸۸).

مهم‌ترین هدف از انجام این مطالعه، شناسایی مکان بهینه جهت دفن پسماند در شهرستان علی‌آباد کتول با استفاده از روش منطق فازی در GIS و مدل تحلیل شبکه‌ای فازی (FANP[2]) است که بر اساس میزان جمعیت تخمینی در ۲۰ سال آینده و مساحت موردنیاز برای دفع پسماند آن‌ها صورت می‌گیرد. تا کمکی برای برنامه ریزان و تصمیم گیران شهرستان علی‌آباد کتول استان گلستان باشد.

۲. موقعیت منطقه موردمطالعه

شهرستان علی‌آباد کتول با مساحت ۱۱۶۰ کیلومترمربع از شهرستان‌های استان گلستان است که از شمال به شهرستان‌های گنبدکاووس و آق‌قلا، از غرب به شهرستان گرگان، از شرق به شهرستان رامیان و از جنوب به ارتفاعات البرز و استان سمنان محدود است. این شهرستان در عرض جغرافیای ۳۶ درجه و ۳۶ دقیقه تا ۳۷ درجه و ۵ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۴ درجه و ۴۱ دقیقه تا ۵۵ درجه و ۹ دقیقه شرقی قرارگرفته و بر اساس نتایج سرشماری عمومی نفوس و مسکن سال ۱۳۹۰، دارای جمعیت ۱۳۲۷۵۷ نفر می‌باشد (مرکز ملی آمار ایران، ۱۳۹۰).



شکل ۱ موقعیت شهرستان علی‌آباد

1 Zamoranoa et al
2 Fuzzy Analytical Network Process

۳. مواد و روش

۳-۱. روش ارزیابی چند معیاری(MCE[1])

درروش ارزیابی چند معیاره جهت مواجه‌شدن با یک هدف خاص، در اغلب موارد چندین معیار نیاز است که ارزیابی شوند (ایستمن[2]، ۲۰۱۲، کارور[3]، ۱۹۹۱ و وود[4]، ۱۹۸۳). هدف از ارزیابی چند معیاری، انتخاب بهترین گزینه (در اینجا بهترین مکان یا پیکسل) بر مبنای رتبه‌بندی آن‌ها از طریق ارزیابی چند معیار اصلی است. روش‌های متعددی برای تحلیل ارزیابی چندمعیاری وجود دارد که مهم‌ترین و اصلی‌ترین آن‌ها شامل روش ترکیب خطی وزنی، روش بولین، رویکردهای تابع ارزش/ مطلوبیت، فرایند تحلیل سلسله مراتبی، روش نقطه ایده آل و روش توافقی هستند (مالچفسکی[5]، ۱۹۹۹: ۱۹۹).

۳-۲. روش ترکیب خطی وزن‌دار(WLC[6])

روش WLC رایج‌ترین تکنیک در تحلیل ارزیابی چند معیاری است. این تکنیک، روش امتیازدهی نیز نامیده می‌شود. این روش بر مبنای مفهوم میانگین وزنی استوار است. تحلیل‌گر یا تصمیم‌گیرنده مستقیماً بر مبنای اهمیت نسبی هر معیار موردبررسی، وزن‌هایی به معیارها می‌دهد. سپس از طریق ضرب کردن وزن نسبی در مقدار آن خصیصه، یک مقدار نهایی برای هر گزینه به دست می‌آید. پس‌ازآنکه مقدار نهایی هر گزینه مشخص شد، گزینه‌ای که بیش‌ترین مقدار را داشته باشد مناسب‌ترین گزینه برای هدف موردنظر خواهد بود (شهابی و همکاران، ۱۳۸۸ :٤٤).

WLC می‌تواند با استفاده از GIS و قابلیت‌های همپوشانی این سیستم اجرا شود. فنون همپوشانی در GIS اجازه می‌دهد که برای تولید یک نقشه‌ای ترکیبی(نقشه برونداد) لایه‌های نقشه‌ای معیار (یعنی نقشه‌های درونداد) باهم ترکیب و تلفیق شوند. استفاده از این روش در هر دو نوع قالب رستری و برداری GIS عملی است (بارو[7]، ۱۹۹۰).

۳-۳. استانداردسازی نقشه‌ها در منطق فازی

در منطق فازی، هر منطقه با توجه به مقداری که معیار موردنظر را رعایت می‌کند، مقدار عضویتی می‌گیرد که بیان‌کننده میزان مطلوبیت آن ناحیه است. بدین معنی که هر ناحیه، با مقدار عضویت بالاتر از مطلوبیت

---

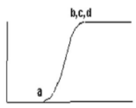
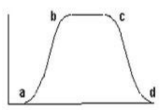
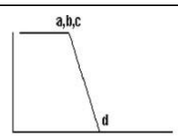
1 Multi Criteria Evalution (MCE)
2 Eastman
3 Carver
4 Voogd
5 Malczewski
6 Weighted Linear Combination
7 Burrough

بالاتری برخوردار است. در منطق فازی مسئله قطعیت موجود در منطق بولین وجود ندارد و هر لایه در مقیاسی بین صفر و یک درجه‌بندی می‌شود (لین و همکاران[1]، ۱۹۹۶). یکی دیگر از عوامل مؤثر در استانداردسازی نقشه‌های فازی تعیین حد آستانه می‌باشد که به آنها نقاط کنترل (نقاط کلیدی توابع استانداردسازی) نیز گفته می‌شود. اما نکته‌ای که بایستی در انتخاب تابع به آن توجه نمود، نوع کاهشی یا افزایشی بودن(جدول ۲) معیار موردنظر می‌باشد (والی‌زاده و همکاران[2]، ۲۰۰۹)، که این موارد با لحاظ نظر کارشناسان تعیین گردید. جدول ۱ نقاط کنترل و نوع تابع فازی آورده شده است.

جدول ۱ نقاط کنترل و نوع تابع فازی جهت استانداردسازی نقشه‌های معیار در منطق فازی

شاخص	زیر شاخص	نوع تابع	نقاط کنترل			
			d	c	b	a
اجتماعی	فاصله از روستاها (m)	S شکل افزایشی			۲۰۰۰	۵۰۰
	فاصله از شهرها (m)	S شکل متقارن	۳۰۰۰۰	۷۰۰۰	۵۰۰۰	۲۰۰۰
اقتصادی	فاصله از جاده‌ها (m)	S شکل متقارن	۱۰۰۰۰	۲۰۰۰	۱۰۰۰	۵۰۰
	ارتفاع (m)	خطی کاهشی	۳۷۰۰	۰		
	شیب (D)	خطی کاهشی	۳۰	۶		
زیست‌محیطی	میزان بارش (mm)	خطی کاهشی	۵۰۰	۳۵۰		
	فاصله از گسل (m)	S شکل افزایشی			۵۰۰۰	۱۰۰۰
	فاصله از آب‌های سطحی (m)	S شکل افزایشی			۵۰۰۰	۱۰۰۰
	فاصله از مناطق حفاظت‌شده (m)	S شکل افزایشی			۵۰۰۰	۱۰۰۰

جدول۲ شکل و فرمول توابع فازی

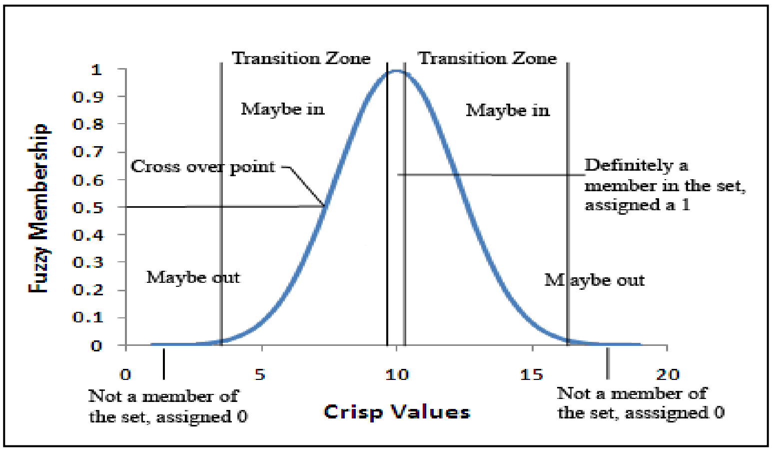
نوع تابع	شکل تابع فازی	فرمول تابع فازی
S شکل افزایشی		$^{2}\alpha\mu = cos$ $\alpha = (1-(x-point\ a)/(point\ b - point\ a)) * pi/2$ When $x > point\ b$, $\mu = 1$
S شکل متقارن		$^{2}\alpha\mu = cos$ $\alpha = (1-(x-point\ a)/(point\ b - point\ a)) * pi/2$ $\alpha = (x - point\ c)/(point\ d - point c) * pi/2$ When $point\ b < x < point\ c$, $\mu = 1$
خطی کاهشی		$\mu = (1-(x-point\ c) * (1/(point\ d - point\ c)))$ When $x < point\ c$, $\mu = 1$ When $x > point\ d$, $\mu = 0$

منبع: ایستمن، ۲۰۱۲

1 Lin et al
2 Valizadeh et al

۳-٤. روش مدل‌سازی فازی

در این روش کلیه فاکتورها در یک مرحله باهم ترکیب می‌شوند و الگوی هدفمند تلفیق نقشه‌ها را می‌توان بکار برد. ایده منطق فازی، اشیاء فضایی را بر روی نقشه مانند اعضای یک مجموعه در نظر می‌گیرد. در تئوری مجموعه فازی، عضویت می‌تواند هر مقداری بین ۰ و ۱ را بگیرد که منعکس‌کننده درجه قطعی عضویت است و هیچ محدودیت عملی در انتخاب مقادیر عضویت فازی وجود ندارد (کبیر و همکاران[۱]، ۲۰۱٤، گوش و همکاران[۲]، ۲۰۱۲، هانسن[۳]، ۲۰۰۵ و لی[٤]، ۲۰۰۷). روش منطق فازی، ترکیبات انعطاف‌پذیرتر نقشه‌های وزنی را به وجود می‌آورد و می‌تواند به‌آسانی با زبان مدل‌سازی GIS اجرا شود (لی، ۲۰۰۷). مقادیر بر اساس قضاوت ذهنی انتخاب می‌شوند تا درجه عضویت مجموعه را نشان دهند(شکل ۲).



شکل ۲ نمودار تابع عضویت فازی

Dombi, 1990

۳-۵. روش FANP

فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP)، برای اولین بار توسط ساعتی در ۱۹۸۰ مطرح شد. یک روش معمول برای حل مسائل تجزیه‌وتحلیل چند معیاره به‌صورت کمی است (دنگ[۵]، ۱۹۹۹). درواقع یک روش انعطاف‌پذیر و کمی برای انتخاب معیارها بر اساس عملکردشان با توجه به یک یا چند معیار موردنظر است (بروشاکی و مالچفسکی[٦]، ۲۰۰۸ و لینکو و همکاران[۷]، ۲۰۰۷). با توجه به اینکه دنیای واقعی معیارها معمولاً وابسته به یکدیگرند، رهیافت‌های سنتی در این زمینه به شکل مناسبی قابل‌اندازه‌گیری نیستند. به همین علت، ساعتی فرایند

1 Kabir et al
2 Ghosh et al
3 Hansen
4 Lee
5 Deng
6 Boroushaki and Malczewski
7 Linkov et al

تحلیل شبکه‌ای را که توسعه‌یافته فرآیند تحلیل سلسله مراتبی است، برای به دست آوردن مجموعه‌ای از وزن‌های مناسب برای معیارها معرفی کرد(عالم تبریز و باقر زاده آذر، ۱۳۸۸، قدسی پور، ۱۳۸۹). لازمه استفاده از این روش، شناخت کافی از هدف تصمیم‌گیری، محیط تصمیم و تمامی عناصر تصمیم‌گیری به‌وسیله تصمیم‌گیرنده است. این شناخت به‌این‌علت لازم است که تصمیم‌گیرنده بتواند همه ملاک‌های مؤثر در تصمیم را تعیین و تأثیر آن‌ها بر یکدیگر را مشخص و بتواند واقعی‌ترین حالتی از شبکه را رسم کند . مقایسه‌های زوجی بایستی اولویت واقعی عناصر نسبت به یکدیگر را نشان دهند، اما ازآنجاکه این شناخت کافی از سیستم همیشه موجود نیست و تصمیم‌گیرنده نمی‌تواند در حالت کلی با اطمینان کامل در مقایسه‌های زوجی قضاوت کند، بنابراین برای رفع این مشکل مدل تحلیل شبکه‌ای توسعه داده می‌شود. راه‌حل طبیعی برای انجام مقایسه‌ها در حالت‌های نبود قطعیت استفاده از مقایسه‌های فازی است که حالت‌های ابهام در مقایسه را مدل‌سازی می‌کند (رزمی و دیگران، ۱۳۸۷). به‌عبارت‌دیگر، لئونگ و چاوو معتقدند که دلایل دقت پایین بودن این نوع کسب نظرات از افراد آن است که از فرد خواسته می‌شود بر اساس درک خود از پدیده‌ها نسبتی دقیق به مقایسه زوجی آن‌ها اختصاص دهد و این در حالی است که درک فرد از پدیده در قالب عددی قطعی قابل‌بیان نیست بلکه بازه‌ای از اعداد می‌تواند بهتر از عدد قطعی منعکس‌کننده درک فرد از اهمیت یک پدیده در قیاس با پدیده‌ای دیگر باشد (لونگ و کاو[1]، ۲۰۰۰: ۱۳).

وزن شاخص‌ها و زیرشاخص‌ها در تحلیل شبکه‌ای فازی که در این پژوهش مورداستفاده قرار گرفت به این صورت به دست آمد (لین و همکاران[2]، ۲۰۱۱):

مرحله اول: ابتدا مقایسات زوجی، توسط کارشناسان با استفاده از اعداد فازی مندرج در جدول ۳ صورت پذیرفت. در ادامه جهت اجماع نظر کارشناسان، از مقایسات زوجی پاسخ‌دهندگان میانگین هندسی گرفته شد.

جدول شماره ۳ طیف فازی و عبارت کلامی متناظر

کد	عبارات کلامی	اعداد فازی
۱	ترجیح برابر	(۱,۱,۱)
۲	ترجیح کم تا متوسط	(۱,۱.۵,۱.۵)
۳	ترجیح متوسط	(۱,۲,۲)
٤	ترجیح متوسط تا زیاد	(۳,۳.۵,٤)
۵	ترجیح زیاد	(۳,٤,٤.۵)
٦	ترجیح زیاد تا خیلی زیاد	(۳,٤.۵,۵)
۷	ترجیح خیلی زیاد	(۵,۵.۵,٦)
۸	ترجیح خیلی زیاد تا کاملاً زیاد	(۵,٦,۷)
۹	ترجیح کاملاً زیاد	(۵,۷,۹)

1 Leung & Cao
2 Lin et al

مرحله دوم: محاسبه بردار ویژه: برای محاسبه بردار ویژه هر یک از جداول مقایسات زوجی تجمیع شده، طبق فرمول زیر از روش لگاریتمی حداقل مجذورات، استفاده می‌شود.

$$w_k^s = \frac{\left(\prod_{j=1}^{n} a_{kj}^s\right)^{1/n}}{\sum_{i=1}^{n}\left(\prod_{j=1}^{n} a_{ij}^m\right)^{1/n}}, \quad s \in \{l, m, u\}$$

به‌طوری‌که :

$$\tilde{w}_k = (w_k^l, w_k^m, w_k^u) \quad k = 1,2,3,...,n$$

مرحله سوم: تشکیل ماتریس‌های بردار ویژه (W_{ij}): این ماتریس‌ها شامل بردارهای ویژه‌ای هستند که از مقایسات زوجیِ مرحله دوم به‌دست‌آمده‌اند. به علت زیاد بودن جدول‌ها نگارندگان قادر به ارائه آن‌ها در این پژوهش نبودند.

مرحله چهارم: محاسبه اوزان نهایی سطوح: برای محاسبه وزن نهایی مؤلفه‌های هر سطح(W_i^*) می‌بایست حاصل‌ضرب ماتریس بردار ویژه روابط درونی در بردار ویژه همان سطح را در وزن نهایی سطح بالاتر ضرب کنیم.

$$W_i^* = W_{ii} \times W_{i(i-1)} \times W_{i-1}^*$$

درصورتی‌که برای یک سطح ماتریس W_{ii} وجود نداشت، لازم است یک ماتریس یکه هم‌درجه جایگزین آن گردد. به‌عبارت‌دیگر می‌بایست از فرمول زیر استفاده شود:

$$W_i^* = I \times W_{i(i-1)} \times W_{i-1}^*$$

همچنین دولایه کاربری زمین و زمین‌شناسی نیز بر اساس نظر کارشناسان وزن دهی شدند(در جدول ٤ وزن طبقات کاربری و در جدول ۵ وزن طبقات زمین‌شناسی آورده شده است).

جدول ٤ وزن طبقات کاربری زمین

کاربری	ارزش
جنگل	۰/۲۵
زمین زراعی	۰/۵
مرتع	۰/۷۵
بایر	۱

جدول٥ وزن طبقات زمین‌شناسی

نوع	Js	Jsc	K1l	K2l1	K2l2	Kab-ad	Kat	Kig	Ksh	Ksn
ارزش	٠/٤١	٠/٤	٠/٣١	٠/١٤	٠/٢١	٠/٥٥	٠/٣٧	٠/٣٩	٠/٦	٠/٤١
Ktr	Pd	Pech	Pep	Pr	Qal	Qcf	Ql	Qm	Sn	TRe
٠/٣٤	٠/١٧	٠/٤١	٠/٩٢	٠/٣٣	٠/١١	٠/١٢	٠/٠٧	٠/٠٩	٠/٢٦	٠/٣٤
Ur1c	Cm	Cs	Dcg	Deg	Dkh	Dkn	E1m	E2s	Ek	Ekh
٠/٥٩	٠/٣٨	٠/٣٥	٠/٤٢	٠/٤٢	٠/٤٢	٠/٤٢	٠/٣٧	٠/١٥	٠/٤٩	٠/٤١
Jd	Qs	Jcb	Urm	Kuig	lmet	PZ1vib	Jmz	Jl	TRe1	Ksr
٠/٣	٠/٦٧	٠/٣٦	٠/٤٨	٠/٤٢	٠/٤١	٠/٣٥	٠/٣٩	٠/٢٩	٠/٣٦	٠/٢٩

٤. مساحت زمین موردنیاز برای دفن پسماند

جهت محاسبه مساحت زمین موردنیاز برای دفن پسماند، عواملی همچون نرخ تولید زباله، جمعیت، دانسیته مواد فشرده‌شده در محل دفن موردنیاز می‌باشند (مکبین و همکاران[1]، ١٩٩٥). زمین موردنیاز برای دفن زباله، بـه علت تغییرات جمعیتی برای یک دوره‌ی ٢٠ ساله در نظر گرفته می‌شود، لذا جهت برآورد آن از فرمول محاسـبه جمعیت آتی به شرح زیر استفاده شد (کاظم پور، ١٣٨٣: ٣٢).

رابطه ١ $$P_t = P_0 (1+r)^t$$

P_t: میزان جمعیت سال موردنظر

P_0: جمعیت حال حاضر هنگام محاسبه

r: نرخ رشد جمعیت

t: دوره طرح یا تعداد سال‌هایی که قرار است طرح کاربرد داشته باشد.

ابتدا میزان جمعیت با در نظر گرفتن نرخ رشد ١/٩ درصد بر اساس سرشماری جمعیـت سـال ١٣٩٠ (مرکـز ملی آمار ایران، ١٣٩٠) و با فرض ثابت بودن آن، برای سال جاری و سپس برای یک دوره ٢٠ ساله، بـا اسـتفاده از رابطه ١ برآورد گردید.

همچنین طبق تحقیقات انجمن علمی آمریکا در مورد فضای موردنیاز برای دفن بهداشتی فرمول تجربی زیر ارائه‌شده است (کوین و همکاران[2]، ١٩٩٦):

---

1 Mcbean et al.
2 Kevin et al

رابطه ۲

$$V = (R/D)(1-P/100)+CV$$

V: فضای موردنیاز در طول سال به ازای هر نفر(m^3)

R: سرانه زباله تولیدی هر نفر در سال(kg/year)

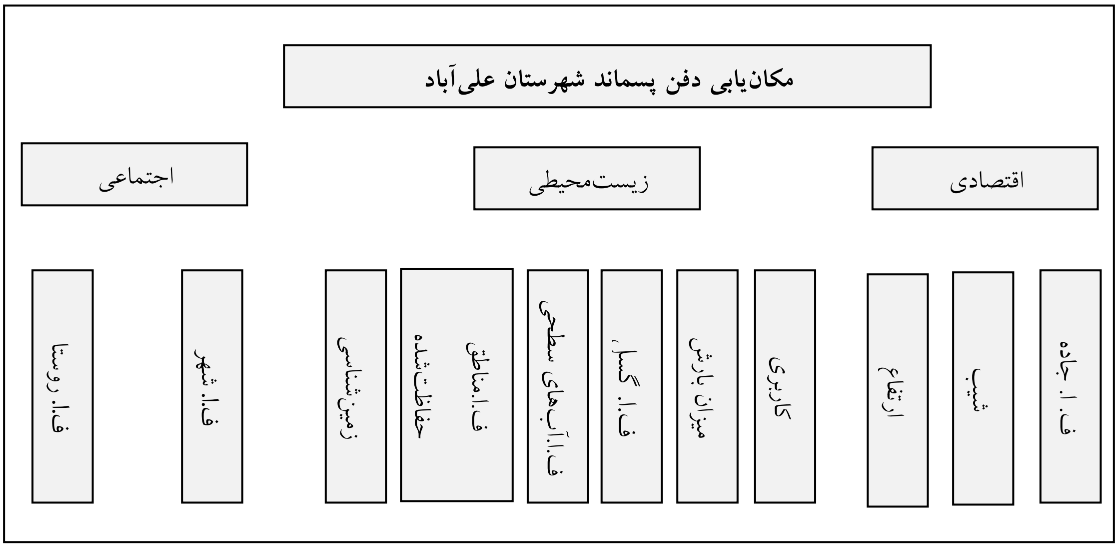
CV: حجم خاک‌پوششی موردنیاز(m^3)

P: درصد کاهش حجم زباله در اثر فشردگی

D: دانسیته متوسط زباله(kg/m^3)

تعیین معیارهای مناسب برای مکان‌یابی دفن پسماند

در این پژوهش لایه‌های اطلاعاتی فاصله از روستا، فاصله از شهر، فاصله از جاده، شیب، ارتفاع، کاربری، میزان بارش، فاصله از گسل، فاصله از آب‌های سطحی، فاصله از مناطق حفاظت‌شده و زمین‌شناسی برای مکان-یابی دفن پسماند در سه شاخص اجتماعی، اقتصادی و زیست‌محیطی مورداستفاده قرار گرفتند. در شکل ۲ ساختار سلسله مراتبی شاخص‌ها و مؤلفه‌ها آورده شده است.



شکل۲ ساختار سلسله مراتبی مکان‌یابی دفن پسماند شهرستان علی‌آباد

٤. بحث و نتایج

مقایسه‌های دودویی وابستگی‌های درونی شاخص‌ها و مؤلفه‌ها

وابستگی‌های متقابل شاخص‌ها و مؤلفه‌ها در جدول‌های ٦ و ٧، به‌منظور تعیین روابط بین معیارها نشان داده‌شده‌اند. برای رسیدن به این جدول‌ها و تعیین وابستگی‌های متقابل بین شاخص‌ها و مؤلفه‌ها از نظرات کارشناسان و خبرگان استفاده‌شده است.

جدول ٦ وابستگی درونی شاخص‌ها نسبت به یکدیگر

شاخص‌ها	زیست‌محیطی	اقتصادی	اجتماعی
زیست‌محیطی		✓	✓
اقتصادی	✓		✓
اجتماعی	✓	✓	

جدول ۷ وابستگی‌های درونی مؤلفه‌ها نسبت به یکدیگر

زیر شاخص‌ها	ف.ا.روستا	ف.ا.شهر	ف.ا.جاده	ارتفاع	شیب	کاربری	باران	ف.ا.گسل	ف.ا.آب‌های سطحی	ف.ا.مناطق حفاظت‌شده	زمین‌شناسی
ف.ا.روستا					✓						
ف.ا.شهر					✓						
ف.ا.جاده											
ارتفاع					✓	✓	✓			✓	
شیب	✓	✓		✓		✓				✓	
کاربری				✓	✓					✓	✓
باران				✓					✓		
ف.ا.گسل											
ف.ا.آب‌های سطحی							✓				
ف.ا.مناطق حفاظت‌شده				✓	✓	✓					✓
زمین‌شناسی						✓				✓	

۵-۱. مراحل به دست آوردن وزن شاخص‌ها و مؤلفه‌ها با تحلیل شبکه‌ای فازی

با استناد به نظر کارشناسان و با کمک تکنیک FANP مقایسات زوجی بین شاخص‌ها و مؤلفه‌ها صورت گرفت (به دلیل زیاد بودن جدول‌های مقایسات زوجی از ذکر آن‌ها خودداری شده است). در ادامه با توجه به مقایسات زوجی، وزن شاخص‌ها و مؤلفه‌های ذکرشده در جدول‌های ۸ و۹ نشان داده‌شده است.

جدول۸ وزن معیارهای مورداستفاده در مکان‌یابی دفن پسماند

شاخص‌ها	وزن نهایی فازی	وزن قطعی نهایی شاخص‌ها
زیست‌محیطی	(۰/۳۰۷,۰/٤۱۳,۰/٤٦٤)	۰/٤۰٤
اقتصادی	(۰/۲۰۵,۰/۲۹۷,۰/۳٦۱)	۰/۲۹۲
اجتماعی	(۰/۲۵۷,۰/۲۹,۰/۳۹)	۰/۳۰۱

جدول۹ وزن زیر معیارهای مورداستفاده در مکان‌یابی دفن پسماند

مؤلفه‌ها	وزن نهایی فازی	وزن قطعی نهایی زیر شاخص‌ها
کاربری	(۰/۰۷۸,۰/۱۲۹,۰/۱۷۲)	۰/۱۲۷
باران	(۰/۰۱۹,۰/۰۳۳,۰/۰۵٦)	۰/۰۳۵
گسل	(۰/۰۲۳,۰/۰۳٤,۰/۰۵)	۰/۰۳۵
آب سطحی	(۰/۰٤,۰/۰۷۹,۰/۰۹٦)	۰/۰۷۵
منطق حفاظت‌شده	(۰/۰۳۱,۰/۰۵۱,۰/۰۷٦)	۰/۰۵۲
زمین‌شناسی	(۰/۰۲۳,۰/۰۳۸,۰/۰۵۳)	۰/۰۳۸
فاصله از جاده	(۰/۰۸۲,۰/۱٦٤,۰/۲۰۷)	۰/۱۵۸
ارتفاع	(۰/۰۵۸,۰/۰۹٦,۰/۱۵۵)	۰/۰۹۹
شیب	(۰/۰٤,۰/۰۸۱,۰/۱۱۹)	۰/۰۸۱
فاصله از روستا	(۰/۱۲۳,۰/۱۹٦,۰/۲٦۵)	۰/۱۹۵
فاصله از شهر	(۰/۰۸۷,۰/۰۹۹,۰/۱۸۷)	۰/۱۱۱

۵-۲.محاسبه زمین موردنیاز جهت دفن پسماند شهرستان علی‌آباد

$P_{1393} = P_{1390} (1+r)^3$

جمعیت شهرستان علی‌آباد در سال ۱۳۹۳

$P_{1393} = 132757 * (1+0.019)^3 = 140468$

$P_{1394} = 140468 * (1+0.019) = 143136$

•
•
•

$P_{1413} = 140468 * (1+0.019)^{20} = 204673$ جمعیت شهرستان علی‌آباد در سال ۱٤۱۳

$P_{1394} + P_{1395} + P_{1396} + \ldots + P_{1413} = 3443416$ جمعیت ۲۰ سال آینده شهرستان علی‌آباد

سپس بر اساس رابطه ۲ حجم موردنیاز زباله تولیدشده توسط هر نفر در طول سال محاسبه گردید. با در نظر گرفتن حجم خاک‌پوششی به زباله با نسبت ۱ به ٤ رابطه ۲ به‌صورت زیر تغییر کرد.

$$V = (R/D)(1-P/100)+CV \quad \rightarrow \quad V = 1.25\,(R/D)(1-P/100)$$

$$R = 365 * 0.75 = 273.75 \quad kg/year$$

جدول شماره ۱۰ جدول اطلاعاتی پسماند شهرستان علی‌آباد

سرانه زباله تولیدی هر نفر در سال (kg/year)	۲۷۳,۷۵
درصد کاهش حجم زباله در اثر فشردگی	٪٤۰
دانسیته متوسط زباله (kg/m^3)	۲٤۳

منبع: سازمان مدیریت پسماند شهرداری‌های استان گلستان

$$V = 1.25\,(273.75/243)(1-40/100) = 0.845 \ m^3$$

فضای موردنیاز برای زباله تولیدی در طول سال به ازای هر نفر

$0.845 * 3443416 = 2909686.52 \ m^3$ فضای موردنیاز برای زباله تولیدی در طول ۲۰ سال(علی‌آباد)

جهت محاسبه سطح زمین موردنیاز برای دفن پسماند تولیدی در طول ۲۰ سال آینده، دفن پسماند به روش ترانشه‌ای، با عمق ٤ متر صورت می‌گیرد. همچنین فاصله بین ترانشه‌ها برابر با عرض آن‌ها در نظر گرفته‌شده است. با این مفروضات، سطح مفید، ۵۰ درصد کل محدوده تعیین‌شده را تشکیل می‌دهد.

$$2909686.52 / 4 = 727421.63 \ m^2$$

سطح مفید موردنیاز برای دفن زباله تولیدی در طول ۲۰ سال (علی‌آباد)

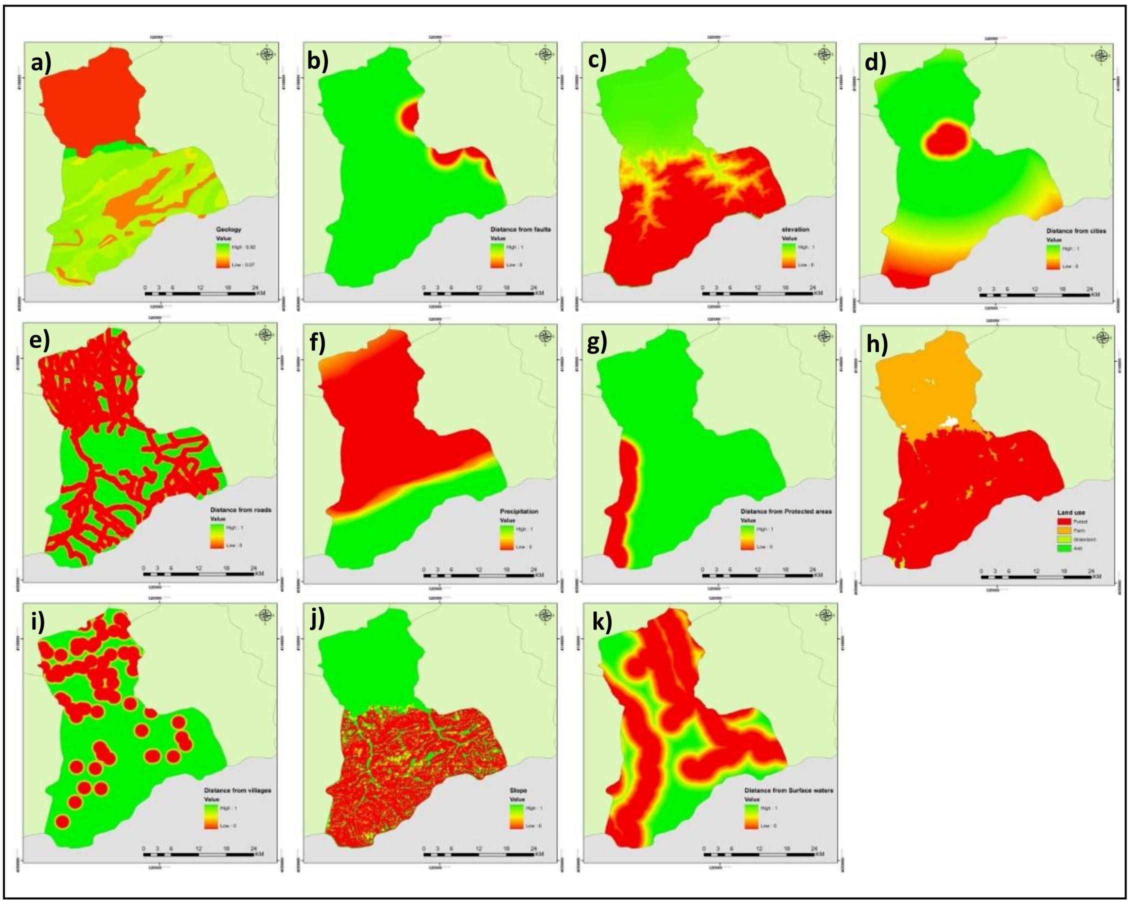
$$727421.63 * 2 = 1454843.26 \ m^2$$

کل مساحت موردنیاز برای دفن زباله تولیدی در طول ۲۰ سال(علی‌آباد)

بنابراین شهرستان علی‌آباد توجه به محاسبات انجام‌شده، نیاز به (۱٤۵٤۸٤۳,۲٦) مترمربع زمین برای دفن زباله تولیدشده در طول ۲۰ سال خواهد داشت.

۵-۳. تهیه نقشه‌های لایه‌های اطلاعاتی

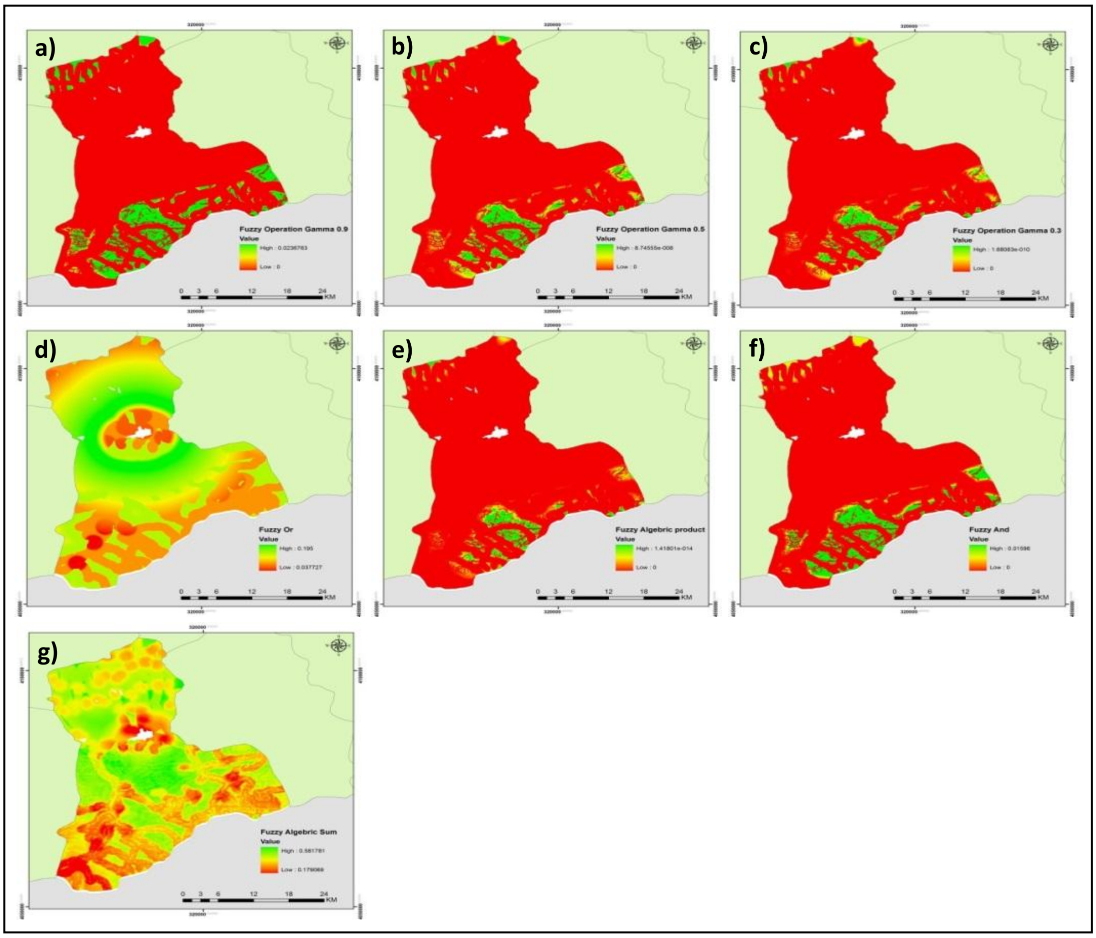
در این پژوهش تهیه نقشه‌ها بر اساس منطق فازی صورت گرفته است. هر یک از لایه‌های اطلاعاتی تأثیرگذار در مکان‌یابی دفن پسماند در محیط Idrisi استانداردسازی شدند. در ادامه نیز نقشه‌های فازی آن‌ها در این برنامه تهیه شد. در شکل ۳ نقشه فازی لایه‌های اطلاعاتی آورده شده است.



شکل ۳ نقشه‌های فازی a) زمین‌شناسی b) گسل c) ارتفاع d) ف. ا.شهر e) ف.ا.جاده f) بارش g) فاصله از مناطق حفاظت‌شده h) کاربری i) ف.ا.روستا j) شیب k) ف.ا.آب‌های سطحی

۵-٤. روی‌هم گذاری لایه‌ها

نقشه‌های تهیه‌شده در محیط Idrisi در محیط GIS به پنج روش ۱- gamma ۲- And ۳- *Or* ٤- Sum ۵- Product جهت انجام عملیات مکان‌یابی و رسیدن به مناطق مناسب جهت دفن پسماند روی‌هم گذاری شد و مناطق مسکونی شهری به‌عنوان لایه محدودیت از نقشه‌های نهایی حذف شد در شکل ٤ این نقشه‌ها نشان داده‌شده‌اند.



شکل ٤ a) gamma 0.9 (b gamma 0.5 (c gamma 0.3 (d Or (e Product (f And (g Sum

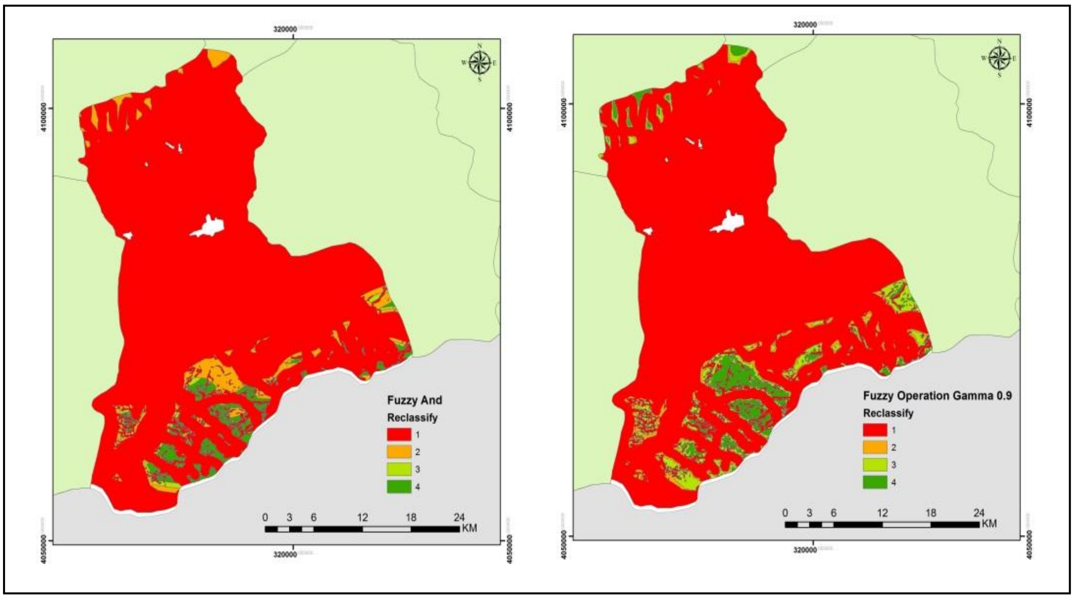
۵ نتیجه‌گیری

تهیه نقشه با عملگرهای Fuzzy Sum و Fuzzy OR به دلیل چشم‌پوشیدن از عوامل نامطلوب، مناسب مکان‌یابی دفن پسماند نمی‌باشد. در عملگر Fuzzy product نیز برخلاف دو عملگر جمع و اجتماع رویکرد بسیار محتاطانه در مکان‌یابی دفن پسماند در نظر داشته است و فقط بهترین نقاطی را که مناسب این نوع مکان‌یابی است نشان می‌دهد. همچنین Fuzzy gamma با عدد۰٫۳و ۰٫۵،Fuzzy AND و Fuzzy gamma با عدد ۰٫۹ به ترتیب رویکرد محتاطانه کمتری به نسبت Fuzzy product دارند ولی در مجموع، این عملگرها به همراه Fuzzy product مناسب مکان‌یابی دفن پسماند می‌باشند. در این میان از عملگرهای مناسب ذکرشده، بر اساس روش Natural Breaks (Jenks) نقشه‌هایی با چهار طبقه (جدول۱۱) مناسب، متوسط، ضعیف و خیلی ضعیف تهیه شد(در شکل ۵ طبقه‌بندی برخی از این عملگرها آورده شده است). در ادامه طبقه مناسب(۵) پهنه‌بندی شد و عملگرهایی که پهنه‌بندی طبقه مناسب آن‌ها مساحتی کمتر از میزان مساحت موردنیاز برای جمعیت تخمینی در ۲۰

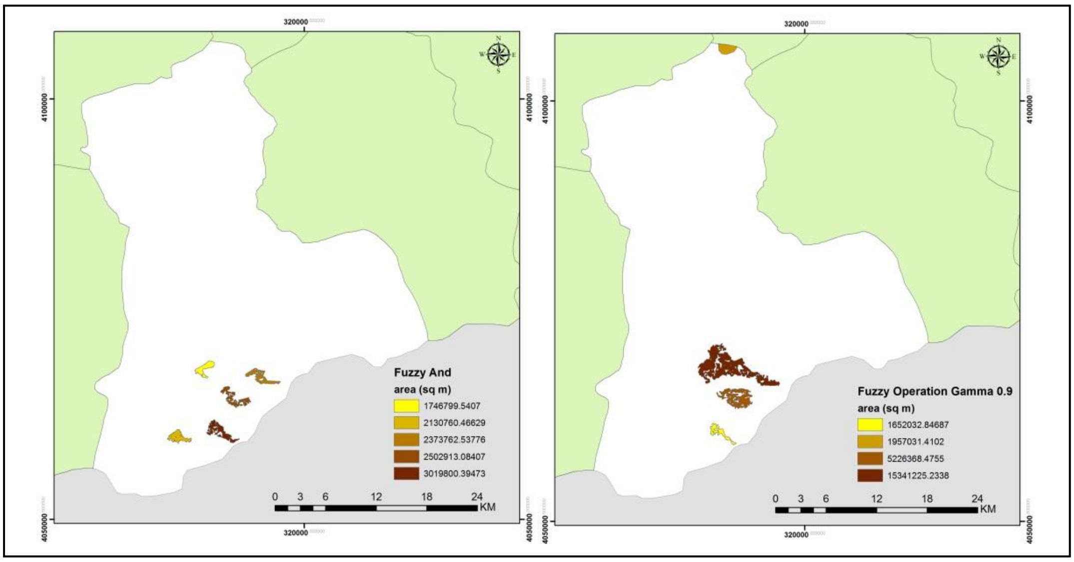
سال آینده داشتند، حذف شدند. درنهایت دو عملگر Fuzzy gamma با عدد ۰,۹ و Fuzzy AND پهنه‌های مناسب با مساحت موردنیاز در یک‌چشم انداز ۲۰ساله همان‌طور که در شکل ٦ مشاهده می‌شود، دارا بودند.

جدول ۱۱ ارزش طبقات نقشه‌های نهایی طبقه‌بندی‌شده

شماره طبقه	۱	۲	۳	٤
ارزش طبقه	خیلی ضعیف	ضعیف	متوسط	مناسب



شکل ۵ طبقه‌بندی عملگرهای مناسب مکان‌یابی دفن پسماند شهرستان علی‌آباد



شکل ٦ پهنه‌بندی مکان‌های مناسب دفن پسماند علی‌آباد

کتابنامه

رزمی، ج، صادق عمل نیک، م، هاشمی،م؛ ۱۳۸۷. انتخاب تأمین کننده با استفاده از تکنیک فرایند تحلیل شبکه‌ای فازی، نشریه دانشکده فنی(دانشگاه تهران)دوره ٤۲، شماره ۷، صص ۹۳۵- ۹٤٦.

زبردست، اسفندیار؛ ۱۳۸۹. کاربرد فرایند تحلیل شبکه‌ای در برنامه ریزی شهری و منطقه‌ای، نشریه هنرهای زیبا- معماری و شهرسازی، شماره ٤۱، ۷۹-۸۰.

شکرریزفرد، مریم، ناصر طالب بیدختی و پویا شکرریزفرد؛ ۱۳۸۸. «روشی برای محاسبه همزمان بهترین مسیر حمل پسماندهای شهری و مکانیابی بهینه‌ی ایستگاه‌های انتقال پسماند به روش Nonlinear Integer Programing»، دومین سمپوزیوم بین المللی مهندسی محیط زیست.

شهابی، همین، نیازی، چیا؛ ۱۳۸۸. بررسی فاکتورهای مؤثر در مکانیابی ایستگاهای امداد و نجات جاده سقز- سنندج با استفاده از مدل ترکیب خطی وزنی، همایش ژئوماتیک ۸۸ تهران.

صدر موسوی، میر ستار؛ شهرام اباذرلو، کامران موسی خانی و سجاد اباذرلو؛ ۱۳۹۲. «مکان یابی بهینه دفن مواد زائد جامد شهری با استفاده از مدل تحلیل سلسله مراتبی AHP(نمونه موردی شهرستان زنجان)»، فصل نامه آمایش محیط، سال ششم، شماره ۲۱، صص ۹۸- ۷۵.

عشورنژاد، غدیر؛ مرضیه طاهری و رحیم علی عباسپور؛ ۱۳۹۲. «به کارگیری فرایند تحلیل شبکه‌ای فازی FUZZY ANP) در شناسایی مکان بهینهٔ ایستگاه‌های انتقال پسماند شهرستان اصفهان»، مجله محیط شناسی، سال سی و نهم، شمارهٔ ۳، صص ۱۷۷- ۱٦٥.

قدسی پور، سید ح؛ ۱۳۸۵. فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP)، انتشارات دانشگاه صنعتی امیر کبیر، چاپ هشتم، تهران.

کاظم پور، شهلا؛ ۱۳۸۳. «مبانی جمعیت شناسی»، چاپ دوم، مرکز مطالعات و پژوهش‌های جمعیتی آسیا و اقیانوسیه، تهران.

کریمی، سعید؛ ۱۳۹۳. جزوه درس کاربرد GIS در برنامه ریزی محیط زیست، دانشگاه تهران، دانشکده محیط زیست.

مرکز ملی آمار ایران؛ ۱۳۹۰. نتایج سرشماری عمومی نفوس و مسکن، درگاه ملی مرکز آمار ایران.

Ahmed, S., &Ali, S.(2006). People as partners: Facilitating people's participation in public private partnerships for solid waste management. Habitat International, 30(4), 781–796.

Al-hanbali, A., Alsaaideh, B., &Kiondoh, A.(2011). Using GIS-based weighted linear combination analysis and remote sensing techniques to select optimum solid waste disposal sites within Mafraqcity, Jordan. Journal of Geographic Information System, 3, 267–278.

Allanach, W.C.(1992). Regional landfill planning and siting. Public Works, December, 48–50.

Aragonés-Beltrán, P., Pastor-Ferrando, J.P., García-García, F., &Pascual-Agulló, A.(2010). An analytic network process approach for siting a municipal solid waste plant in the metropolitan area of Valencia (Spain). Journal of Environmental Management, 91(5), 1071–1086.

Bennet, J.(2005). City of Rome Annual Report. Solid Waste Collections Department, Rome.

Bolstad, P.(2012). GIS fundamentals: A first text on geographic information systems(4th ed.). Minnesota: University of Minnesota.

Boroushaki, S., &Malczewski, J.(2008). Implementing an extension of the analytical hierarchy process using ordered weighted averaging operators with fuzzy quantifiers in ArcGIS. Computers & Geosciences, 34(4), 399-410.

Burrough, P.A.(1990). Methods of spatial analysis in GIS. International Journal of Geographic Information Systems 4, 221-223.

Carver, S.J.(1991). Integrating multi-criteria evaluation with geographical information systems. International Journal of Geographical Information Systems, 5(3), 321-339.

Chang, N.B., Parvathinathan, G., &Breeden, J.(2008). Combining GIS with fuzzy multicriteria decision-making for landfill siting in a fast-growing urban region. Journal of Environmental Management, 87, 139–153.

Charnpratheep, K.,Zhou, Q., &Garner, B.(1997). Preliminary landfill site screening using fuzzy geographic information systems. Waste Management and Research, 15, 197–215.

Deng, H.(1999). Multicriteria analysis with fuzzy pairwise comparisons. International Journal of Approximate Reasoning, 21, 215-231.

Dombi, J.(1990). Membership function as an evaluation. Fuzzy sets and systems, 35(1), 1-21.

Eastman, J.R.(2012). IDRISI Selva manual. Clark University. (www.clarklabs.org).

Ekmekçioğlu, M., Kaya, T., &Kahraman, C.(2010). Fuzzy multi criteria disposal method and site selection for municipal solid waste. *Waste Manage*, *30*(8-9), 1729–1736.

Eldrandaly, K.(2013). Developing a GIS-based MCE site selection tool in ArcGIS using COM technology. The International Arab Journal of Information Technology, *10*(3), 276-282.

García, J.L., Alvarado, A., Blanco, J., Jiménez, E., Maldonado, A.A., &Cortés, G.(2014). Multi-attribute evaluation and selection of sites for agricultural product warehouses based on an Analytic hierarchy process. Computers and Electronics in Agriculture,100, 60–69.

Gbanie, S.P., Tengbe, P.B., Momoh, J.S., Medo, J., &SimbayKabba, V.T.(2013). Modeling landfill location using geographic information systems (GIS) and multi-criteria decision analysis (MCDA): Case study Bo, Southern Sierra Leone. Geography, 36, 3-12.

Ghosh, J.K., Bhattacharya, D., &Sharma, S.K., (2012). Fuzzy knowledge based GIS for zonation of landslide susceptibility. *Applications ofChaos and Nonlinear Dynamics in Science and Engineering*,*2*, 21-37.

Gorsevski, P.V., Donevska, K.R., Mitrovski, C.D., &Frizado, J.P.(2012). Integrating multi- criteria evaluation techniques with geographic information systems for landfill site selection: Acase study using ordered weighted average. *Waste Manage*, *32*, 287–296.

Hansen, H.S.(2005). GIS-based multi-criteria analysis of wind farm development. ScanGIS 2005: Scandinavian Research Conference on Geographical Information Science, Stockholm, 75-87.

Kabir, S., Edifor, E., Walker, M., &Gordon, N.(2014). Quantification of temporal fault trees based on fuzzy set theory. Proceedings of the Ninth International Conference on Dependability and Complex Systems DepCoS-RELCOMEX, Brunów, Poland, 255-264.

Kevin, K., &Joe, P.(1996). A planners guide to sustainable development. American Planning Association (APA), The University of Michigan.

Kharbanda, O., &Stallworthy, E. (1990). Waste management towards a sustainable society. Gower, England, 53- 62.

Ki Rahman, M.M., Sultana, K.R., &Hoque, M.A.(2008). Suitable sites for urban solid waste disposal using GIS approach in Khulna city, Bangladesh. Proceedings of Pakistan Academy of Sciences, 45(1), 11–22.

Ki, S.J., &Ray, C.(2014). Using fuzzy logic analysis for siting decisions of infiltration trenches for highway runoff control. Science of the Total Environment, 493, 44–53.

Lee, S.(2007). Application and verification of fuzzy algebraic operators to landslide susceptibility mapping. Environmental Geology, 52(4), 615-623.

Leung, L.C., &Cao, D.(2000). On consistency and ranking of alternatives in fuzzy AHP. European Journal of Operational Research, 124(1),102-113.

Lin, H., Kao, J., Li, K.,Hwang, H.,&National Chiao Tung University. (1996). Fuzzy GIS assisted landfill siting analysis. Proceeding of international conference on Solid Waste Technology and Management, 322_324.

Lin, L. Z., &Hsu, T.O.(2011). Designing a model of FANP in brand image decision-making. *Applied Soft Computing, 11*, 561–573.

Linkov, I., Satterstrom, F.K., Steevens, J., Ferguson, E., &Pleus, R.C.(2007). Multi-criteria decision analysis and environmental risk assessment for nanomaterials. *Journal of Nanoparticle Research, 9,* 543–554.

Liu, H.C., You, J.X., Fan, X.J.,& Chen, Y.Z. (2014). Site selection in waste management by the VIKOR method using linguistic assessment. *Applied Soft Computing, 21,* 453–461.

Malczewski, J.(1999). *GIS and multicriteria decision analysis.* New York: John Wiley and Sons.

Malczewski, J.(2006). Integrating multicriteria analysis and geographic information systems: The ordered weighted averaging (OWA) approach. *International Journal of Environmental Technology and Management, 6(1-2),* 7-19.

McBean, E.A., Rovers, F.A., &Farquhar, G.J.(1995). *Solid waste landfill engineering and design.* New Jersey: Prentice Hall PTR.

Moghaddas, N.H., &Namaghi, H.H.(2009). Hazardous waste landfill site selection in Khorasan Razavi province, Northeastern Iran. Arabian Journal of Geosciences, 4(1-2), 103–113.

Önüt, S., &Soner, S., (2008). Transshipment site selection using the AHP and TOPSIS approaches under fuzzy environment. Waste Management, 28(9), 1552–1559.

Rikalovic, A., Cosic, I., &Lazarevic, D.(2014). GIS based multi-criteria analysis for industrial site selection.Procedia Engineering, 69, 1054–1063.

Ronald Eastman, J., Jiang, H., &Toledano, J.(1998). Multi-criteria and multi-objective decision making for land allocation using GIS. Multicriteria Analysis for Land-Use Management Environment & Management, 9, 227–251.

Sener, S., Sener, E., Nas, B., &Karagüzel, R.(2010). Combining AHP with GIS for landfill site selection: Acase study in the Lake Beysehi catchment area (Konya, Turkey). Waste Management, 30, 2037–2046.

Sharifi, M., Hadidi, M., Vessali, E., Mosstafakhani, P., Taheri, K., Shahoie, S.,&KhodaMoradpour, M.(2009). Integrating multi-criteria decision analysis for a GIS based hazardous waste landfill sitting in Kurdistan Province, Western Iran. *Elsevier Waste Management, 29,* 2740–2758.

Sumathi, V. R., Natesan, U., &Sarkar, C.(2008). GIS-based approach for optimized siting of municipal solid waste landfill. Waste Management, 28(11), 2146–2160.

Valizadeh, K., &Shababi, H.(2009). Necessities of GIS usage in urban water management at the time of natural accidents (Case study: Saqqez city). 4th International Conference on Geographic, Paris, France, 10-19.

Voogd, H.(1983). Multicriteria evaluation for urban and regional planning. *London: Pion, Ltd.*

Zamoranoa, M., Molero, E., Grindlay, A., Rodrigues, M.L., Hurtado, A., &Calvo, F.J. (2009). A planning scenario for the application of geographical information systems in municipal waste collection: A case of Churriana de la Vega (Granada, Spain). *Journal of Resources,Conservation and Recycling, 54*, 123–133.